

KDS 24 18 12 : 2023

# 교량 내풍 설계기준 (케이블교량)

2023년 9월 12일 제정

<http://www.kcsc.re.kr>

KC CODE



국토교통부



### 건설기준 제정 또는 개정에 따른 경과 조치

이 기준은 발간 시점부터 사용하며, 이미 시행 중에 있는 설계용역이나 건설 공사는 발주기관의 장이 필요하다고 인정하는 경우 종전에 적용하고 있는 기준을 그대로 사용할 수 있습니다.

# 건설기준 연혁

- 이 기준은 건설기준 코드체계 전환에 따라 기존 건설기준(설계기준, 표준시방서) 간 중복·상충을 비교 검토하여 코드로 통합 정비하였다.
- 이 기준은 도로설계기준(한계상태설계법)-케이블교량을 통합 정비하여 기준으로 제정한 것으로 제·개정 연혁은 다음과 같다.

건설기준	주요내용	제정 또는 개정 (년.월)
도로교설계기준(한계상태설계법)-케이블교량편	• 장경간 케이블 교량의 특수성을 고려한 한계상태설계법 기반 기준 추가	제정 (2015. 02.)
도로교설계기준(한계상태설계법)-케이블교량편	• 케이블교량 낙뢰관련 피뢰시설 설치기준 추가 • 초장대교량사업단 연구결과 반영한 개정	개정 (2016. 08.)
KDS 24 18 12 : 2023	• 건설기준 코드체계 전환에 따른 코드화 통합 정비 후 교량공사 안전강화를 위한 교량분야 건설기준 정비연구에 따라 정비하여 제정함	제정 (2023. 09.)

제 정 : 2023년 9월 12일

개 정 :       년   월   일

심 의 : 중앙건설기술심의위원회

자문검토 : 국가건설기준센터 건설기준위원회

소관부서 : 국토교통부 도로건설과

관련단체 : 한국도로협회, 한국교량및구조공학회   작성기관 : 한국교량및구조공학회

- 국토교통부장관은 「훈령.예규 등의 발령 및 관리에 관한 규정」에 따라 고시일을 기준으로 매 3년이 되는 시점마다 그 타당성을 검토하여 개선 등의 조치를 하여야 한다.

---

---

## 목 차

---

---

1. 일반사항 .....	1
1.1 목적 .....	1
1.2 적용 범위 .....	1
1.3 참고 기준 .....	1
1.4 용어의 정의 .....	1
1.5 기호의 정의 .....	1
2. 조사 및 계획 .....	2
3. 재료 .....	2
4. 설계 .....	3
4.1 내풍설계 일반 .....	3
4.2 풍속 및 난류특성 .....	3
4.3 정적풍하중 .....	7
4.4 바람에 의한 진동 .....	8
4.5 동적풍하중 .....	8
4.6 실험 및 해석 .....	9
4.7 한계상태와 하중계수 .....	9
4.8 케이블의 내풍설계 .....	10

## 1. 일반사항

### 1.1 목적

(1) 이 기준은 케이블 교량의 바람에 대한 안전성, 사용성 및 내구성을 확보하기 위한 것이다.

### 1.2 적용 범위

(1) 이 장은 케이블 교량의 내풍설계에 적용한다.

### 1.3 참고 기준

- KDS 24 10 12 교량설계 일반사항(케이블교량)
- KDS 24 12 12 교량 설계하중조합(케이블교량)

### 1.4 용어의 정의

- 갤로핑: 바람의 직각방향으로 큰 진폭을 발생시키는 1자유도 불안정 현상
- 기본풍속: 지표조도구분 II 인 개활지에서 지상 10 m 높이에서의 10분 평균 풍속
- 버페팅: 난류의 변동 성분에 의한 강제 진동 현상
- 설계기준풍속: 대상 지역의 기본풍속과 교량의 고도, 주변의 지형과 환경 등을 고려한 풍속
- 와류진동: 교량 주변에서 발생하는 와류가 교량의 고유주기와 일치할 때 발생하는 현상으로, 진폭이 발산하지 않고 일정하여 사용성과 피로 문제를 발생시키는 진동
- 차량통행제한풍속: 강풍에서 차량의 전도나 미끄러짐을 방지하기 위하여 차량의 통행을 제한하는 풍속. 통상 교면상 1.8 m의 높이에서 10분 평균 풍속 25 m/s를 의미함. 그러나 차량통행제한풍속을 별도로 결정한 교량의 경우에는 그 풍속을 적용
- 플러터: 비정상공기력의 작용에 의한 발산진동
- 한계풍속: 발산진동(플러터, 갤로핑 등)의 검토를 위한 풍속

### 1.5 기호의 정의

- $B_R$  = 대표길이(m) (4.3.1)
- $C_D$  = 항력계수 (4.3.1)
- $C_{SF}$  = 안전계수 (4.2.4)
- $C_t$  = 고도 및 조도 보정계수 (4.2.1)
- $D$  = 케이블 직경(m) (4.8.2.1, 4.8.2.2)
- $G$  = 거스트계수 (4.3.1)
- $H$  = 주탑 높이 (4.2.1)
- $h$  = 교량 상부구조 높이 (4.2.1)
- $I_t$  = 난류강도 (4.2.5)
- $L$  = 교량 최대지간 (4.2.1)

- $m$  = 케이블의 단위길이당 질량(kg/m) (4.8.2.2)
- $N$  = 사용기간(년) (4.2.1, 4.2.3)
- $n$  = 와류생성진동수(Hz) (4.8.2.1)
- $P$  = 단위길이당 정적풍하중 (4.3.1)
- $P_{NE}$  = 비초과확률 (4.2.1, 4.2.3)
- $S_c$  = 스크루톤 수(Scruton number) (4.8.2.2)
- $S_t$  = 스트로할 수(Strouhal number) (4.8.2.1)
- $T$  = 재현주기(년) (4.2.1, 4.2.3)
- $U$  = 풍속(m/s) (4.8.2.1)
- $u$  = 난류의 기류방향 (4.2.5)
- $V_{10}(T)$  = 재현주기  $T$ 년에 해당하는 기본풍속 (4.2.1, 4.2.2)
- $V_C$  = 시공기준풍속(m/s) (4.2.3, 4.2.4)
- $V_{cr}$  = 한계풍속(m/s) (4.2.4)
- $V_D$  = 설계기준풍속(m/s) (4.2.2, 4.2.4, 4.3.1)
- $V_R$  = 설계 또는 시공기준풍속 (4.2.4)
- $\bar{V}$  = 평균풍속 (4.2.5)
- $v$  = 난류의 수평방향 (4.2.5)
- $w$  = 난류의 수직방향 (4.2.5)
- $z$  = 고도 (4.2.1, 4.2.5, 4.3.1)
- $z_0$  = 지표조도길이(m) (4.2.1, 4.2.5)
- $z_b$  = 대기 경계층 최소높이(m) (4.2.1, 4.2.5)
- $z_G$  = 경도풍 고도(m) (4.2.1)
- $\alpha$  = 지표조도계수 (4.2.1, 4.2.5)
- $\nu$  = 동점성계수( $15 \times 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$ ) :  $15^\circ\text{C}$  1,013 hPa 기준
- $\xi$  = 케이블의 구조감쇠비
- $\rho$  = 공기밀도( $1.225 \text{ kg/m}^3$ ) :  $15^\circ\text{C}$  1,013 hPa 기준 (4.3.1, 4.8.2.2)
- $\sigma_i$  = 변동성분의 표준편차 (4.2.5)
- $\xi$  = 케이블의 구조감쇠비 (4.8.2.2)

## 2. 조사 및 계획

(1) 내용 없음

## 3. 재료

(1) 내용 없음

## 4. 설계

### 4.1 내풍설계 일반

#### 4.1.1 일반

- (1) 교량은 완성 시 및 시공 중 모두에 대하여 풍하중에 충분히 견딜 수 있도록 설계되어야 한다.
- (2) 구조물에서 작용하는 풍하중(WL)은 이 기준 4.3과 이 기준 4.5를 고려하여 산정하여야 한다.
- (3) 차량에 작용하는 풍하중(WL)은 교면상 1.8m의 높이에서 기류방향으로 1.5 kN/m를 적용한다.
- (4) 풍공학적으로 취약한 구조를 가지는 특수 교량은 풍동실험을 수행하여야 한다.
- (5) 특히 파괴설비 등이 설치된 경우에는 이에 대한 영향을 검토하여야 한다.

#### 4.1.2 내풍설계순서

- (1) 케이블교량의 내풍안정성은 적절한 절차를 거쳐서 검토하여야 한다. 여기에는 현지 풍환경과 풍속자료의 수집, 정적 설계, 풍동실험 및 공탄성해석을 통한 동적응답 추정, 부재의 안정성 검토, 사용성 검토 등의 과정이 포함된다.

#### 4.1.3 내풍안정성 확보를 위한 대책

- (1) 바람에 의한 각종 진동(와류진동, 플러터, 갈로핑, 버페팅, 간섭효과 등)이 교량이나 교량 부재의 성능에 해로운 영향을 끼칠 경우 내풍안정성 확보를 위한 대책을 수립해야 한다.

## 4.2 풍속 및 난류특성

### 4.2.1 기본풍속

- (1) 케이블 교량의 기본풍속  $V_{10}(T)$ 는 지표조도구분 II인 개활지에서 지상 10m 높이에서의 재현주기  $T$ 년에 해당하는 10분 평균 풍속으로 정의한다. 재현주기  $T$ 년은 대상 교량의 사용기간  $N$ 년을 고려하여 비초과확률  $P_{NE}$ 가 37%에 해당하도록 식 (4.2-1)에 의해 결정할 수 있다.

$$T = \frac{1}{1 - (P_{NE})^{1/N}} \quad (4.2-1)$$

- (2) 기본 풍속은 대상 교량 가설 지역에서 가까운 지역의 기상관측소에서의 장기 관측 풍속 기록의 연최대풍속 시계열을 극치분석한 결과와 그 인근 지역을 통과한 태풍 기록을 이용한 합리적인 태풍시물레이션 기법을 통해 예측한 결과를 비교하여 안전측의 풍속으로 결정한다.
- (3) 장기 관측 풍속기록을 이용하는 경우 기상관측소 주변 지형, 지표조도와 풍속계의 설치

높이 등을 고려하여 합리적인 방법에 의해 지표조도구분 II인 개활지에서 지상고도 10 m의 풍속으로 관측 풍속을 보정하여야 한다. 이 때 지형 및 지표에 의한 영향을 고려한 관측 풍속의 보정은 적합한 국내외 기준에서 이용되는 방법에 준하여 수행되어야 하며, 관측 기간의 지표 변화, 관측 위치의 변화, 풍향 등을 고려하여야 한다.

- (4) 관측 풍속계 설치 높이의 보정은 식 (4.2-2)에 의해 풍속계 설치 고도  $z_1$ 에서의 관측 풍속  $V_1$ 을 지표조도구분 II, 지상고도 10 m에서의 풍속  $V_2$ 로의 변환으로 정의한다.

$$\begin{aligned} V_2 &= C_t \cdot V_1 \cdot \left( \frac{z_2}{z_{G2}} \right)^{\alpha_2}, z_2 \geq z_b \\ &= C_t \cdot V_1 \cdot \left( \frac{z_b}{z_{G2}} \right)^{\alpha_2}, z_2 < z_b \end{aligned} \quad (4.2-2)$$

- (5) 지표조도계수  $\alpha_1$ , 경도풍 고도  $z_{G1}$ , 대기 경계층 최소높이  $z_{b1}$  그리고 지표조도길이  $z_{01}$ 는 관측소 지역에 해당되는 지표조도구분에 대하여 표 4.2-1을 이용하여 결정한다. 또한 식 (4.2-2)에서  $C_t$ 는 고도 및 조도 보정계수로 식 (4.2-3)에 의해 계산하며,  $\alpha_2$ ,  $z_{G2}$ ,  $z_{b2}$ 는 지표조도구분 II, 지상고도 10 m에 해당하는 값을 이용한다.

$$C_t = \left( \frac{z_{G1}}{z_1} \right)^{\alpha_1} \quad (4.2-3)$$

표 4.2-1 지표조도구분에 따른 풍속 프로파일 매개변수

지표조도구분		$\alpha$	$z_G$	$z_b$	$z_0$
I	해상, 해안	0.12	500	5	0.01
II	개활지, 농지, 전원 수목과 저층건축물이 산재하여 있는 지역	0.16	600	10	0.05
III	수목과 저층건축물이 밀집하여 있는 지역, 중, 고층 건물이 산재하여 있는 지역, 완만한 구릉지	0.22	700	15	0.3
IV	중, 고층 건물이 밀집하여 있는 지역, 기복이 심한 구릉지	0.29	700	30	1.0

- (6) 교량 가설 지역의 지표조도는 교축방의 양쪽 풍향과 교축직각 방향의 양쪽 풍향을 모두 고려하여야 한다. 교축직각 방향의 경우 그림 4.2-1(a)에 보는 바와 같이 교량 상부 구조 높이의 100배 범위(최소 500 m)에서의 평균 지표상황으로 결정하며, 교축 방향의 경우 그림 4.2-1(b)에 보는 바와 같이 주탑 높이의 100배 범위에서의 평균 지표상황으로 결정한다.

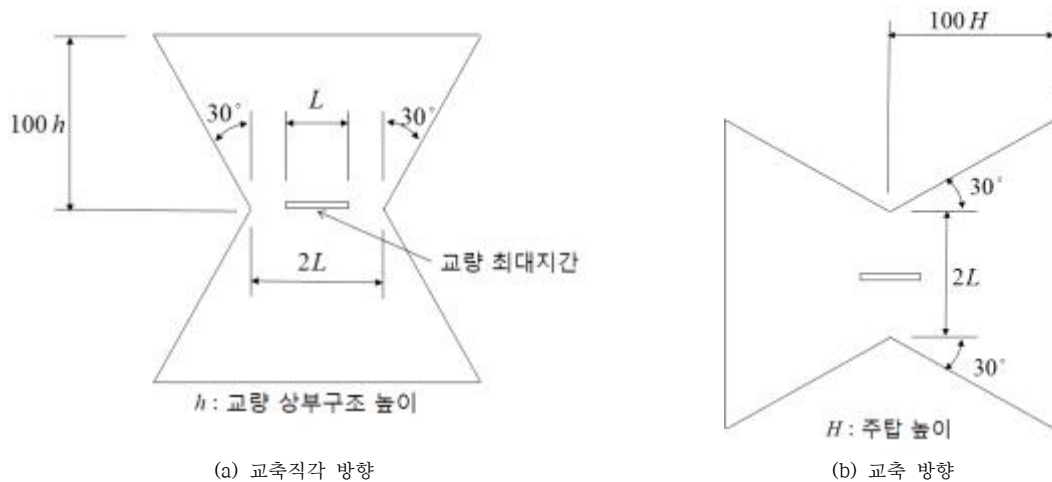


그림 4.2-1 지표조도구분을 위한 참조지역

- (7) 태풍시뮬레이션 기법은 국제적으로 공인된 과거 태풍의 경로, 중심기압 등의 자료를 이용하여야 하며, 대상 교량 가설 지역을 중심으로 합당한 영역을 설정하여 해당 영역으로의 태풍 진입율, 중심기압, 이동속도, 이동방향, 최대풍속반경 등에 대한 통계적 모형을 포함하여야 한다.

#### 4.2.2 설계기준풍속

- (1) 설계기준풍속  $V_D$ 는 대상 지역의 기본풍속과 교량의 고도, 주변의 지형과 환경 등을 고려하여 합리적인 방법으로 결정한다.
- (2) 대상 교량 가설 지역이나 설계기준고도에서 풍속자료가 가용치 못한 경우에는 이 기준 4.2.1에서 산정한 기본풍속  $V_{10}$ 을 이용하여 대상 교량 가설 지역의 설계기준고도에서의 설계기준 풍속을 산정한다.
- (3) 풍동실험이나 풍진동 검토를 위한 독립주탑의 풍속 설계기준고도는 주탑높이의 65%로 간주한다. 설계 풍하중 재하 시에는 주탑 하단에서 최상단까지 주탑 단면 및 풍속의 연직분포를 고려하여야 한다.

#### 4.2.3 시공기준풍속

- (1) 교량의 공사기간 동안에 필요 시 별도의 시공기준풍속  $V_C$ 를 정하여 시공 중 발생할 수 있는 문제를 검토할 수 있다. 케이블 교량의 시공기준풍속은 공사기간 동안 최대 풍속의 비초과확률 60%에 해당하는 재현주기의 풍속을 교량의 고도, 주변 지형 등을 고려하여 보정한 10분 평균 풍속이다. 이 때 고도 보정에는 이 기준 식 (4.2-2)를 사용할 수 있다. 한편 비초과확률  $P_{NE}$ , 사용기간  $N$ , 재현주기  $T$ 의 관계는 이 기준 식 (4.2-1)을 사용할 수 있다.
- (2) 시공기준풍속은 시공 중인 교량뿐만 아니라 가설구조물을 포함한 공사현장 임시구조물의 설계에도 사용될 수 있다.

(3) 독립주탑의 시공기준풍속 적용 고도는 이 기준 4.2.2의 적용 고도와 동일하게 적용한다.

#### 4.2.4 한계풍속

(1) 한계풍속은 발산진동(플러터, 갤로핑 등)의 검토를 위한 풍속으로 다음과 같다.

$$V_{cr} > C_{SF} \cdot V_R \quad (4.2-4)$$

여기서,

$V_R$  = 설계 또는 시공기준풍속

$C_{SF}$  = 안전계수

(2) 완성계에 대해서 기준풍속은 설계기준풍속  $V_D$ 를 사용하고, 시공 중에 대해서 기준풍속은 시공기준풍속  $V_C$ 를 사용한다. 안전계수  $C_{SF}$ 는 1.3 이상을 적용한다.

#### 4.2.5 바람의 난류특성

(1) 바람의 난류 특성은 교량 가설위치에서의 난류 강도, 난류의 특성 길이 및 난류 스펙트럼을 포함하여야 하며 인근에서 측정된 자료를 바탕으로 산정한 값을 사용하여야 한다.

(2) 다만, 실측이 여의치 않으면 아래의 값을 사용할 수 있다. 즉, 고도  $z$ 에서 난류의 기류방향( $u$ ), 수평방향( $v$ ), 수직방향( $w$ ) 성분의 난류강도( $I$ )는 각 변동성분의 표준편차( $\sigma$ )와 평균풍속( $\bar{V}$ )의 비율로 다음과 같이 정의된다.

$$I_i = \frac{\sigma_i}{\bar{V}} \quad (4.2-5)$$

(3) 고도에 따른 기류방향 난류강도  $I_u$ 는 식 (4.2-6)을 사용하여 산정 할 수 있다. 이 때 지표조도계수  $\alpha$ , 최소높이  $z_b$  그리고 조도길이  $z_0$ 는 이 기준 표 4.2-1의 값을 사용한다.

$$\begin{aligned} I_u &= \frac{1}{\ln(30/z_0)} \cdot \left(\frac{30}{z}\right)^\alpha, \quad z_b < z < 100 \text{ m} \\ &= \frac{1}{\ln(30/z_0)} \cdot \left(\frac{30}{z_b}\right)^\alpha, \quad z \leq z_b \end{aligned} \quad (4.2-6)$$

(4) 수평방향( $v$ ) 및 수직방향( $w$ )의 난류강도는 각각 식 (4.2-7)의 값을 사용할 수 있다.

$$\begin{aligned} I_v &= 0.80 \cdot I_u \\ I_w &= 0.50 \cdot I_u \end{aligned} \quad (4.2-7)$$

- (5) 이 때 이 기준 4.2.1에서 언급한 바와 같이 지표조도에 따른 난류 특성을 고려하기 위해 교축 방향의 양쪽 풍향 및 교축 직각 방향의 양쪽 풍향을 각각 고려하여야 한다.

### 4.3 정적풍하중

#### 4.3.1 보강거더에 작용하는 정적 풍하중

- (1) 케이블 교량에 작용하는 기류방향 단위길이당 정적 풍하중은 식 (4.3-1)에 의하여 구한다.

$$P = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot V_D^2 \cdot C_D \cdot G \cdot B_R \quad (4.3-1)$$

여기서,

$\rho$	= 공기밀도(1.225 kg/m <sup>3</sup> )
$V_D$	= 설계기준풍속
$C_D$	= 항력계수
$G$	= 거스트계수
$B_R$	= 대표길이(m) : 보강거더의 경우 교폭 또는 높이(m)

- (2) 거스트계수는 풍속의 평균성분과 더불어 짧은 시간 동안에 난류 성분에 의한 순간적인 변동에 따른 풍압의 변화를 고려하기 위한 계수이다. 고도  $z$ 에서의 기류방향 거스트계수는 이 기준 식 (4.2-6)의 난류강도를 사용하여 식 (4.3-2)로부터 구할 수 있다.

$$G = 1 + 7 \cdot I_u(z) \quad (4.3-2)$$

- (3) 보강거더에 작용하는 교축방향 풍하중은 일반적으로 재하하지 않지만, 트러스와 같이 구조계의 특성상 영향이 클 것으로 판단되면 교축직각방향 풍하중의 25%를 재하할 수 있다.

#### 4.3.2 주부재에 작용하는 정적 풍하중

- (1) 주탑 및 하부구조나 케이블과 같은 교량의 주부재에 작용하는 정적 풍하중은 풍동실험 또는 수치해석으로 산정해야 한다.

### 4.4 바람에 의한 진동

- (1) 바람에 의한 각종 진동(와류진동, 플러터, 깎로핑, 버페팅, 간섭효과 등)이 교량이나 교량 부재의 성능에 해로운 영향을 끼쳐서는 안 된다.

#### 4.4.1 와류진동

- (1) 와류에 의한 교량의 응답은 풍동실험이나 널리 알려진 수학적 해석모델을 사용하여 추정할 수 있으며, 이를 바탕으로 피로문제를 포함한 구조적인 검토를 해야 한다.
- (2) 와류진동의 발생 풍속과 진폭은 단면 형상에 따라 민감하므로 풍동실험을 통하여 추정해야 한다. 특히 와류진동은 난류특성과 구조감쇠비에 따라 응답의 크기가 매우 달라지므로, 현장 여건을 고려하여 적절한 난류를 구현해야 한다.
- (3) 시공 중 진동 검토 시, 전체 구조계에 영향을 미치는 임시 가설구조물의 영향을 고려해야 한다.

#### 4.4.2 발산진동

- (1) 완성계와 시공 중인 교량에서 동적 불안정현상(플러터, 갈로핑 등)의 발생 풍속은 이 기준 식 (4.2-4)의 한계풍속보다 커야 한다.

#### 4.4.3 세장 부재의 진동

- (1) 교량의 세장 부재에서 독립적인 국부 진동이 발생할 수 있으므로 이에 대해서 충분히 안전하도록 설계해야 한다.

#### 4.4.4 난류에 의한 진동

- (1) 난류에 의한 교량의 응답은 풍동실험이나 널리 알려진 수학적 해석모델을 사용하여 추정할 수 있으며, 이를 바탕으로 피로문제를 포함한 구조적인 검토를 해야 한다. 자연적인 난류에 의한 버페팅 진동은 완전히 억제할 수 없으나, 단면 형상이나 구조 특성을 개선하여 난류에 의한 응답을 줄이도록 설계해야 한다.
- (2) 버페팅 응답은 난류 특성에 따라 매우 달라질 수 있으므로 현장 여건을 고려하여 적절한 난류를 구현해야 하며, 가능하면 현장에서 관측한 값을 사용하도록 추천한다.
- (3) 풍속, 풍향, 응력의 발생빈도를 고려한 확률론적인 방법을 사용하여 교량 설계수명 동안의 버페팅 진동에 대한 피로를 검토해야 한다.
- (4) 시공단계 검토 시, 전체 구조계에 영향을 미치는 임시 가설구조물의 영향을 고려해야 한다.

### 4.5 동적풍하중

#### 4.5.1 동적풍하중 산정

- (1) 교량 설계를 위한 동적 풍하중은 풍동실험에서 측정된 공기역학적 자료를 바탕으로 널리 알려진 수학적 해석모델을 사용하여 산정하여야 한다.

#### 4.5.2 설계 감쇠비

- (1) 동적 풍하중에 의한 교량의 설계 감쇠비는 구조 형식, 재료, 형상 등을 고려하여 합리적인 방법으로 산정해야 한다.

## 4.6 실험 및 해석

### 4.6.1 풍동실험

- (1) 풍동실험은 부분모형실험과 전교모형실험 등이 있으며, 시공단계를 고려하여 완성계까지 일부 또는 전부를 상사법칙 또는 수학적 모델에 의하여 축소한 모형에 대하여 수행한다.

### 4.6.2 전체 내풍안정성 해석

- (1) 부분모형 풍동실험에서 추출한 자료를 바탕으로 구성된 수학적 해석모델을 사용하여 교량의 내풍안정성을 평가할 수 있다.

## 4.7 한계상태와 하중계수

- (1) 내풍설계를 위한 한계상태설계 개념은 KDS 24 10 12(4.1.5)를 따르는 것으로 하고, 극한한계상태와 사용한계상태에 대한 기준을 만족하여야 한다.

### 4.7.1 극한한계상태

- (1) 내풍설계 시 KDS 24 12 12(4.1.1.1)의 극한한계상태 하중조합 III, V, VI을 고려하여야 한다.
- (2) 극한한계상태 하중조합 III은 설계기준풍속을 적용하여 풍하중을 산정하고 구조물에 작용하는 풍하중계수는 1.7을 적용한다.
- (3) 극한한계상태 하중조합 V는 교면상 차량통행제한풍속의 바람이 불고 있는 상태에서 운행하는 차량에 대하여 교량의 구조안전성을 검토하기 위한 하중조합으로서 차량통행제한풍속에 상당하는 풍하중을 교량에 재하하고 차량에 작용하는 풍하중도 고려한다. 구조물에 작용하는 풍하중계수 1.7과 차량에 작용하는 풍하중계수 1.0을 적용한다.
- (4) 극한한계상태 하중조합 VI은 파랑하중을 고려하는 하중조합으로서 설계기준풍속을 적용하며 구조물에 작용하는 풍하중계수는 1.0을 적용한다.

### 4.7.2 사용한계상태

- (1) 교량의 사용성은 KDS 24 12 12(4.1.1.3)의 사용한계상태 하중조합 I 및 IV에 대하여 검토하여야 한다.
- (2) 사용한계상태 하중조합 I은 교면상 차량통행제한풍속의 바람이 불고 있는 상태에서 운행하는 차량에 대하여 교량의 사용성을 검토하기 위한 하중조합으로서 차량통행제한풍속에 상당하는 풍하중을 적용하며 구조물에 작용하는 풍하중계수 1.0과 차량에 작용하는 풍하중계수 1.0을 적용한다.
- (3) 사용한계상태 하중조합 IV는 프리스트레스 콘크리트 하부구조의 수평 풍하중에 대한 교량의 사용성을 검증하기 위한 하중조합으로서 설계기준풍속을 적용하며 구조물에 작용하는 풍하중계수는 0.6을 적용한다.
- (4) 바람에 의하여 교량의 보강거더, 주탑, 사장재, 행어 등에서 주목할만한 진동이 발생

하지 않아야 한다. 아울러 완공 후 및 시공 중 바람에 의하여 바람직하지 않은 진동이 발생하지 않도록 충분한 주의를 기울여야 한다.

## 4.8 케이블의 내풍설계

### 4.8.1 개요

(1) 교량의 케이블은 시공 중 또는 완공 후 발생할 수 있는 각종 진동에 대해 설계단계에서 충분히 검토하고 검증된 방법에 의한 대책을 강구하여 적용하여야 한다.

### 4.8.2 바람에 의한 진동

(1) 교량의 케이블은 설계 단계부터 버페팅, 와류진동, 풍우진동, 깔로핑 그리고 주탑이나 인접 케이블에 의한 웨이크 깔로핑과 같은 바람에 의한 진동 발생 가능성을 충분히 검토하여야 한다.

#### 4.8.2.1 와류진동(vortex-induced vibration)

(1) 와류진동은 행어나 경사 케이블에서 발생할 수 있으며, 케이블의 최대변위와 피로문제 등을 검토하여야 한다. 와류 생성 진동수는 아래 식을 사용하여 계산할 수 있다.

$$n = S_t \frac{U}{D} \quad (4.8-1)$$

여기서,

$U$	= 풍속(m/s)
$n$	= 와류생성진동수(Hz)
$D$	= 케이블 직경(m)
$S_t$	= 스트로할 수(Strouhal number)

원형케이블의 경우, 스트로할 수는 다음 조건에 따라서 사용한다.

- ① 바람에 대해 직각 방향으로 배치된 케이블 : 0.20
- ② 바람에 대해 경사지게 배치된 케이블 : 0.15

#### 4.8.2.2 풍우진동(rain-wind vibration)

(1) 풍우진동은 경사 케이블에서 발생할 수 있으며, 대진폭의 진동이 발생할 수 있으므로 기준풍속 내에서 진동이 발생하지 않도록 검토하여야 한다. 풍우진동에 대한 안정조건은 스크루톤 수( $S_c$ , Scruton number)로 검토하게 되는데, 풍우진동을 억제하기 위한 최소 스크루톤 수는 다음과 같다.

$$S_c = \frac{m\xi}{\rho D^2} > 10, \text{ 일반 케이블} \quad (4.8-2)$$

$$S_c = \frac{m\xi}{\rho D^2} > 5, \text{ 표면처리가 된 케이블} \quad (4.8-3)$$

여기서,

$m$  = 케이블의 단위길이당 질량(kg/m)

$\xi$  = 케이블의 구조감쇠비

$\rho$  = 공기밀도(kg/m<sup>3</sup>)

#### 4.8.2.3 갈로핑(galloping)

- (1) 갈로핑은 경사 케이블에서 발생할 수 있으며, 대진폭의 진동이 발생할 수 있으므로 기준풍속 내에서 진동이 발생하지 않도록 검토하여야 한다.

#### 4.8.2.4 버페팅(buffeting)

- (1) 버페팅은 행어나 경사 케이블에서 발생할 수 있으며, 케이블의 버페팅 현상 자체는 진폭이 작아 피로문제 등을 발생시키지는 않지만, 이로 인한 영향에 대해서는 검토할 필요가 있다.

#### 4.8.3 지점가진에 의한 진동

- (1) 교량의 케이블은 교량 설계 단계부터 주탑이나 보강거더의 진동에 의한 지점가진 진동에 대해 발생 가능성을 충분히 검토하여야 한다.

#### 4.8.4 케이블 제진대책

- (1) 이 기준 4.8.2와 이 기준 4.8.3에 의한 검토 결과, 케이블의 진동 가능성이 우려되는 경우에는 진동저감방안을 수립하여 설계에 반영하여야 한다.  
 (2) 시공 중 또는 완공 후 예상치 못한 케이블 진동에 대해서도 항상 주의하여야 한다.

##### 4.8.4.1 공기역학적 제진대책

- (1) 공기역학적 진동저감 방법을 사용할 경우에는 풍동실험을 통하여 그 효과가 검증된 방법이어서야 한다.

##### 4.8.4.2 케이블 댐퍼

- (1) 케이블의 감쇠 증가를 위해 케이블 댐퍼 설계 시 타당한 방법으로 검증된 케이블 자체감쇠, 공기역학적 감쇠 등의 추가적인 감쇠효과를 고려할 수 있다. 다만, 댐퍼 설치 후 현장실험에 의한 검증을 실시하여야 한다.

##### 4.8.4.3 보조케이블

- (1) 케이블의 진동수 및 감쇠비 증가를 위해 보조케이블 설치 시, 주 케이블 및 보조 케이블 각 부분에 발생하는 응력 집중과 유지관리에 대해 충분히 검토하여 설계하여야 한다.

#### 4.8.5 케이블 제한기준

- (1) 바람, 비 그리고 지점가진 등에 의한 케이블의 단기적인 진동은 교량 안전성에 문제가 없지만 교량의 사용성을 확보하기 위해, 보강거더 높이에서 10분 평균풍속이 20 m/s 이하일 때, 최대변위가 케이블 길이의 1/1,600배를 초과해서는 안 된다.
- (2) 와류진동 및 지점가진과 같이 반복횟수가 많은 진동현상에 대해서는 피로검토를 수행하여야 한다. 피로현상에 대한 안정성 확보하기 위해, 보강거더 높이에서 10분 평균풍속이 20 m/s 이하일 때, 정착구에서 케이블의 최대 변형각은  $0.5^\circ$ 를 초과해서는 안 된다.



## 집필위원

성명	소속	성명	소속
권순덕	전북대학교	김영민	한국시설안전공단
김호경	서울대학교	이승수	충북대학교
이학은	마산대학교		

## 자문위원

성명	소속	성명	소속
공정식	고려대학교	오명석	(주)서영엔지니어링
김선일	유신엔지니어링	장승필	서울대학교
김우종	(주)디엠엔지니어링	장학성	(주)유신
김병석	한국건설기술연구원	정철현	단국대학교
박광현	도화	조재병	경기대학교
박영석	명지대학교	조충영	반디컨설턴트
박종화	KR산업	변윤주	(주)수성엔지니어링
백종균	반디컨설턴트	변형균	시스트라코리아

## 국가건설기준센터 및 건설기준위원회

성명	소속	성명	소속
이영호	한국건설기술연구원	김호경	서울대학교
구재동	한국건설기술연구원	김명철	동부엔지니어링
김기현	한국건설기술연구원	김충언	삼현피엔프
김나은	한국건설기술연구원	박찬희	포스코
김재훈	한국건설기술연구원	백인열	가천대학교
김태송	한국건설기술연구원	손윤기	(주)엔비코컨설턴트
김희석	한국건설기술연구원	송종걸	강원대학교
류상훈	한국건설기술연구원	오명석	(주)서영엔지니어링
안준혁	한국건설기술연구원	이태현	한국도로공사
원훈일	한국건설기술연구원	조경식	(주)디엠엔지니어링
이상규	한국건설기술연구원		
이승환	한국건설기술연구원		
이여경	한국건설기술연구원		
이용수	한국건설기술연구원		
주영경	한국건설기술연구원		
최봉혁	한국건설기술연구원		
허원호	한국건설기술연구원		

## 중앙건설기술심의위원회

성명	소속	성명	소속
곽종원	한국건설기술연구원	이진선	원광대학교
문인기	엠플러스이엔씨(주)	정평기	(주)화인씨이엠테크
박영빈	우성디앤씨	최인준	산하종합기술
신명수	울산과학기술원		

## 국토교통부

성명	소속	성명	소속
양희관	국토교통부 도로건설과	김로타	국토교통부 도로건설과
최영록	국토교통부 도로건설과		



설계기준

KDS 24 18 12 : 2023

## 교량 내풍 설계기준(케이블교량)

---

2023년 9월 12일 제정

소관부서 국토교통부 도로건설과

관련단체 한국도로협회  
13647 경기도 성남시 수정구 위례서일로 26(중일라크리움 8층)  
Tel : 02-3490-1041 E-mail : poonhee@kroad.or.kr  
<http://www.kroad.or.kr>

한국교량및구조공학회  
06130 서울특별시 강남구 테헤란로7길 22, 한국과학기술회관 1관 514호  
Tel : 02-871-8395 E-mail : kibse@kibse.or.kr  
<http://www.kibse.or.kr>

작성기관 한국교량및구조공학회  
06130 서울특별시 강남구 테헤란로7길 22, 한국과학기술회관 1관 514호  
Tel : 02-871-8395 E-mail : kibse@kibse.or.kr  
<http://www.kibse.or.kr>

국가건설기준센터  
10223 경기도 고양시 일산서구 고양대로 283(대화동)  
Tel : 031-910-0444 E-mail : kcsc@kict.re.kr  
<http://www.kcsc.re.kr>